

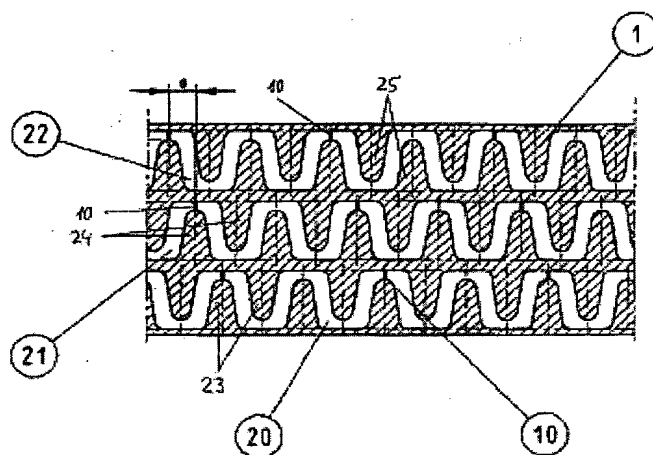
Electric motor with sinusoidal air gap contained in the jacket of a pole tube that separates the stator poles from each other.

Patent number: DE19917689
Publication date: 2000-10-26
Inventor: SIRAKY JOSEF (DE); HELD SIEGFRIED (DE); BENEDIX HANS (DE)
Applicant: STEGMANN MAX ANTRIEBSTECH (DE)
Classification:
- international: **H02K1/14; H02K21/14; H02K16/04; H02K1/14; H02K21/14; H02K16/00; (IPC1-7): H02K1/06; H02K1/14; H02K21/16; H02K37/14**
- european: H02K1/14C; H02K21/14C
Application number: DE19991017689 19990419
Priority number(s): DE19991017689 19990419

[Report a data error here](#)

Abstract of DE19917689

The motor has ring toroidal coils mounted around a hollow pole tube (1) of high permeability which is fitted in the coil support carriers (33,34,35). Air gaps (20,21,22) are cut out of the lateral area of the pole tube by a laser beam. To hold the pole tube together axially, thin webs (10) are left when cutting out the air gaps and which bridge the air gaps.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 17 689 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
H 02 K 1/06
H 02 K 1/14
H 02 K 37/14
H 02 K 21/16

②1 Aktenzeichen: 199 17 689.2
②2 Anmeldetag: 19. 4. 1999
④3 Offenlegungstag: 26. 10. 2000

DE 199 17 689 A 1

⑦1 Anmelder:
Max Stegmann GmbH Antriebstechnik-Elektronik,
78166 Donaueschingen, DE

⑦4 Vertreter:
Patentanwälte Westphal, Mussnug & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen

⑦2 Erfinder:
Siraky, Josef, 78166 Donaueschingen, DE; Held,
Siegfried, 78166 Donaueschingen, DE; Benedix,
Hans, 78183 Hüfingen, DE

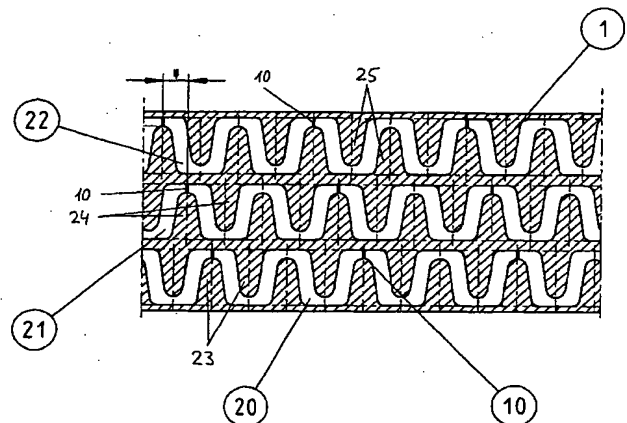
⑤6 Entgegenhaltungen:
GB 22 83 865 A
EP 08 96 416 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Elektromotor

⑤7 Ein Elektromotor weist einen Rotor und einen den Rotor koaxial umschließenden Stator auf. Der Stator und ggf. der Rotor sind in einzelne axial aneinander anschließende Segmente unterteilt. Jedes Statorsegment weist eine Ringspule auf, deren Magnetfluss durch ein äußeres Joch und Statorpole (23, 24, 25) geführt wird. Die Statorpole (23, 24, 25) werden durch ein koaxial in die Ringspulen eingesetztes und den Rotor umschließendes Polrohr (1) gebildet, wozu in den Mantel des Polrohres (1) jeweils die Statorpole (23, 24, 25) voneinander trennende Luftspalte (20, 21, 22) eingearbeitet sind.



DE 199 17 689 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Elektromotor gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein Elektromotor dieser Gattung, der insbesondere als Schrittmotor ausgebildet ist, ist aus der EP 0 896 416 A1 bekannt. Bei diesem Elektromotor ist der den Rotor koaxial umschließende Stator aus zwei axial aneinander anschließenden Statorsegmenten aufgebaut. Jedes Statorsegment weist eine zylindrisch gewickelte Ringspule auf. Das Magnetjoch jedes Statorsegments wird aus zwei Blech-Stanz-Biege-Teilen gebildet, die die Ringspule topfförmig umschließen. Dadurch wird einerseits ein die Ringspule koaxial umgebender magnetischer Rückschluss gebildet und andererseits werden koaxial innerhalb der Ringspule in konstanter Winkelteilung angeordnete Statorpole dadurch gebildet, dass die beiden Blech-Stanz-Biege-Teile zahnförmig ineinander greifen. Die jeweils ineinandergreifenden Zähne bilden die Statorpole, wobei ein die Statorpole voneinander trennender Luftspalt verbleibt, der in Umfangsabwicklung die Form einer mit der Winkelteilung periodischen Kurve hat.

Die Herstellung des bekannten Elektromotors ist aufwendig, da für jedes Statorsegment zwei Blech-Stanz-Biege-Teile gefertigt und montiert werden müssen. Für jeden Motortyp, d. h. für jeden Motordurchmesser, jede Polteilung usw. sind eigene Stanz- und Biegewerkzeuge notwendig. Die Auswahl der für das Magnetjoch verwendeten Materialien ist durch deren Biegeeigenschaften beschränkt und kann nicht nur nach den magnetischen Eigenschaften getroffen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Elektromotor der eingangs genannten Gattung zur Verfügung zu stellen, der bei kostengünstiger Herstellung eine größere Flexibilität in Bezug auf die magnetischen Eigenschaften und die Dimensionierung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Elektromotor mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß weist der Stator ein den magnetischen Rückschluss bildendes Joch auf, welches die Ringspule umschließt, während die Statorpole durch ein hohlzylindrisches Polrohr gebildet sind, welches koaxial in die Ringspule und das Joch eingesetzt wird. Der Luftspalt, der die Statorpole in Umfangsrichtung entsprechend der Polteilung trennt, ist in dem Mantel des Polrohres eingearbeitet.

Die Unterteilung des den Magnetfluss führenden Teiles des Stators in das äußere Joch und das innere Polrohr bietet den Vorteil, dass die Materialien für das Joch und das Polrohr im Wesentlichen nach ihren weichmagnetischen Eigenschaften ausgewählt werden können. Die Statorbleche, aus welchen das Joch aufgebaut ist, sind einfache Stanzteile. In das Polrohr muss nur der Luftspalt eingearbeitet werden. Bei dem gesamten Aufbau des den Magnetfluss führenden Teils des Stators sind keine Biegebearbeitungen notwendig, die besondere mechanische Materialeigenschaften notwendig machen würden.

Der erfindungsgemäße Aufbau bietet weiter eine hohe Flexibilität in der Fertigung. Die Polteilung und die Polform der Statorpole kann weitgehend frei gewählt werden. Es ist nur notwendig, die Form des in das Polrohr eingearbeiteten Luftspaltes zu ändern. Dies kann in einfacher Weise durch Umprogrammieren der Bearbeitungsmaschinen durchgeführt werden. Vorzugsweise wird der Luftspalt mittels eines Laserstrahls in den Mantel des Polrohres eingeschnitten, so dass sich eine besonders einfache Bearbeitung und Programmierung der Form des Luftspaltes ergibt. Auch unter-

schiedliche Motorgrößen und Motordurchmesser können ohne wesentlich erhöhten Werkzeugaufwand hergestellt werden.

Ist der Stator aus mehreren axial aneinander anschließenden Statorsegmenten aufgebaut, so wird vorzugsweise ein gemeinsames Polrohr für alle Statorsegmente verwendet. Jedem Statorsegment ist dabei ein Luftspalt zugeordnet, wobei die Luftspalte der einzelnen Statorsegmente axial beabstandet in den Mantel des Polrohres eingearbeitet werden.

Die erfindungsgemäße Ausbildung des Stators mit einem Polrohr kann bei den verschiedensten Typen von Elektromotoren eingesetzt werden. Vorzugsweise wird ein permanentmagnetischer Rotor verwendet. Es können jedoch auch Rotoren mit Kurzschlussspulen verwendet werden. Der Elektromotor kann als Drehstrommotor, als Wechselstrommotor oder als Gleichstrommotor betrieben werden. Wegen der großen Flexibilität in der Winkelteilung und der Form der Statorpole eignet sich der erfindungsgemäße Elektromotor insbesondere auch als Schrittmotor. Durch die Form, die Anzahl und Breite der Statorpole sowie ggf. durch einen Winkelversatz der Statorpole der einzelnen Statorsegmente können die technischen Eigenschaften des Elektromotors frei gewählt und bestimmt werden, wie z. B. das Haltemoment, das Rastmoment, das Anlaufmoment sowie die Laufcharakteristik des Motors.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 den Mantel des Polrohres in Umfangsabwicklung, Fig. 2 einen Axialschnitt des Elektromotors, Fig. 3 schematisch das Polrohr mit einem Luftspalt, Fig. 4 einen Axialschnitt eines Stators mit drei Statorsegmenten,

Fig. 5 schematisch einen Rotor mit drei Segmenten und Fig. 6 eine Abwandlung der Form des Luftspaltes.

Fig. 2 zeigt einen Axialschnitt eines Elektromotors. Der Elektromotor weist einen Rotor 4 auf, der drehfest auf einer Ausgangswelle 5 sitzt. Der Rotor 4 wird koaxial von einem fest in einem Gehäuse 2 angeordneten Stator umschlossen, der in dem dargestellten Ausführungsbeispiel drei axial aneinander anschließende zylindrisch gewickelte Ringspulen 30, 31 und 32 aufweist. Die Ringspulen 30, 31, 32 sind jeweils auf Spulenträger 33, 34, 35 gewickelt, die koaxial zu dem Rotor 4 angeordnet sind.

Der Magnetfluss der Ringspulen 30, 31, 32 wird durch ein äußeres Joch 36 und ein inneres Polrohr 1 geführt. Das Joch 36 ist aus einem Blechlamellenpaket aufgebaut, umschließt die Ringspulen 30, 31, 32 an ihrem Außenumfang und greift radial in den axialen Abstand zwischen den Ringspulen 30, 31, 32 ein und endet bündig mit dem Innenumfang der Spulenträger 33, 34, 35. Das Joch 36 besteht aus einem weichmagnetischen Material mit hoher Permeabilität und geringer Remanenz.

Das Polrohr 1 ist ein Hohlrohr aus einem weichmagnetischen Material hoher Permeabilität und geringer Remanenz. Vorzugsweise besteht das Polrohr aus einem schwefelarmen Stahl. Das Polrohr 1 ist in die Spulenträger 33, 34, 35 und das zwischen den Spulen 30, 31, 32 nach innen greifende Joch 36 eingepasst. Mit seiner inneren Mantelfläche umschließt das Polrohr 1 mit geringem Spiel den Rotor 4.

In Fig. 1 ist eine Umfangsabwicklung des Polrohres 1 dargestellt. Wie diese Abwicklung zeigt, ist jeder der Ringspulen 30, 31, 32 ein Luftspalt 20, 21 bzw. 22 zugeordnet. Die Luftspalte 20, 21, 22 sind vorzugsweise mittels eines Laserstrahls aus der Mantelfläche des Polrohres 1 ausgeschnitten. Die Verwendung eines schwefelarmen Stahles für das Polrohr 1 verhindert das Abflämmen beim Laserschneiden und verbessert die Kantengröße der erzeugten Luft-

spalte. Die Luftspalte 20, 21, 22 verlaufen in der Umfangs-
abwicklung in etwa sinusförmig, mit einer ganzzahligen Pe-
riodenanzahl. Die axiale Amplitude des sinusförmigen Ver-
laufs der Luftspalte 20, 21, 22 entspricht im Wesentlichen
der axialen Breite der Ringspulen 30, 31, 32, so dass jeweils
eine Ringspule 30, 31 bzw. 32 mit dem Joch 36 und dem zu-
geordneten axialen Abschnitt des Polrohres 1, des den je-
weiligen Luftspalt 20, 21 bzw. 22 aufweist, ein Statorseg-
ment bildet. Die Luftspalte 20, 21, 22 trennen aufgrund ihres
etwa sinusförmigen Verlaufes alternierend zahnförmig in-
einandergreifende Bereiche des Mantels des Polrohres 1, die
dem jeweiligen Statorsegment zugeordnete Statorpole 23,
24 bzw. 25 bilden.

Anstelle einer über den gesamten Umfang periodischen
Kurvenform kann der Luftspalt auch Abweichungen der
Kurvenform von einer strengen Perizität aufweisen, wo-
durch dem Elektromotor zum Beispiel eine bestimmte Lauf-
richtung aufgezwungen wird.

Damit das Polrohr 1 axial zusammenhält, werden beim
Ausschneiden der Luftspalte 20, 21, 22 dünne axiale Stege
10 stehengelassen, die den jeweiligen Luftspalt 20, 21, 22
axial überbrücken. Die Breite und die Anzahl der Stege 10
wird so gewählt, dass diese den Luftspalt 20, 21, 22 mög-
lichst wenig unterbrechen, jedoch eine ausreichende mecha-
nische Stabilität des Polrohres 1 gewährleisten. In dem in
Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist jeder zweiten
Periode des Kurvenverlaufs der Luftspalte 20, 21, 22 ein
Steg 10 zugeordnet. Die Stege 10 sind vorzugsweise im Mi-
nimum bzw. Maximum des Kurvenverlaufes der Luftspalte
20, 21, 22 angeordnet, damit die Stege 10 eine möglichst ge-
ringe Fläche aufweisen und damit eine möglichst geringe
den Magnetfluß leitende Unterbrechung der Luftspalte 20,
21, 22 bewirken.

Den Statorpolen 23, 24, 25 der Statorsegmente sind je-
weils in Umfangsrichtung alternierend angeordnete Pole des
Rotors 4 zugeordnet. Handelt es sich bei dem Rotor 4 um ei-
nen permanentmagnetischen Rotor, so wechseln in Um-
fangsrichtung magnetische Nord- und Südpole ab, wie dies
Fig. 5 zeigt. Die Magnetisierung des Rotors 4 kann ebenfalls
axial in Rotorsegmente 40, 41, 42 unterteilt sein, die axial
den Statorsegmenten und damit den Statorpolen 23, 24, 25
zugeordnet sind, wie dies aus Fig. 5 ersichtlich ist.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, können die Luftspalte 20,
21, 22 und dementsprechend die Statorpole 23, 24, 25 der
einzelnen Statorsegmente in der Phase um einen Winkel ϕ
gegeneinander versetzt sein. Ebenso können die Magnetpole
der Rotorsegmente 40, 41, 42 gegeneinander in der Phase
um einen Winkel ψ gegeneinander versetzt sein.

Im Allgemeinen ist die Anzahl der Perioden der Luft-
spalte 20, 21, 22 gleich der Anzahl der Magnetpolpaare des
Rotors 4, d. h. die Anzahl der Statorpole 23, 24, 25 stimmt
mit der Anzahl der Magnetpole des Rotors 4 überein. Aus-
nahmen von dieser Regel sind möglich, wenn die Motorei-
genschaften, wie insbesondere das Haltemoment und das
Anlaufdrehmoment variiert werden soll. In diesem Fall ist
eine geringfügige Differenz zwischen der Anzahl der Stator-
pole 23, 24, 25 und der Anzahl der Magnetpole des Rotors 4
möglich.

Sind mehrere Statorsegmente und Rotorsegmente vorge-
sehen, wie dies in dem Ausführungsbeispiel gezeigt ist, so
entspricht die mechanische Phasenverschiebung der einzel-
nen Segmente, die sich zusammensetzt aus dem Winkelver-
satz ϕ zwischen den Luftspalten 20, 21, 22 und dem Winkel-
versatz ψ der Rotorsegmente 40, 41, 42, von einem eventu-
ellen geringen zusätzlichen Winkelversatz abgesehen, im
Wesentlichen der elektrischen Phasenverschiebung der
Ströme, die durch die Ringspulen 30, 31, 32 der einzelnen
Statorsegmente fließen. Der zusätzliche Winkelversatz

(Winkeloffset) darf nicht zu groß sein und beträgt in der Re-
gel nicht mehr als maximal etwa 5°, da sonst der Motor nicht
mehr oder zumindest nicht mehr rund läuft.

Beispielsweise beträgt im Falle eines Drehstrommotors
die elektrische Phasenverschiebung zwischen den an die
einzelnen Ringspulen 30, 31, 32 angeschlossenen Phasen
120°. In diesem Falle beträgt der Winkelversatz zwischen
den Luftspalten 20, 21, 22 bzw. den Statorpolen 23, 24, 25
ebenfalls 120°, sofern der Rotor 4 nicht in im Winkel gegen-
einander versetzte Segmente unterteilt ist.

Im Falle eines Wechselstrommotors mit einer durch einen
Kondensator erzeugten elektrischen Phasenverschiebung
von 90° der einzelnen Ringspulen 30, 31, 32 beträgt die me-
chanische Phasenverschiebung zwischen den zugehörigen
Luftspalten 20, 21, 22 ebenfalls 90°.

Die Erfindung kann auch bei Gleichstrommotoren einge-
setzt werden, bei welchen ein Kommutator die Bestromung
der Ringspulen 30, 31, 32 steuert.

Vorzugsweise kann die Erfindung auch bei Schrittmoto-
ren eingesetzt werden, bei welchen die Ringspulen 30, 31,
32 elektronisch gesteuert bestromt werden und die Poltei-
lung der Statorpole 23, 24, 25 die Winkelschritte bestimmt.

Wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, muss die Form der Luft-
spalte 20, 21, 22 nicht sinusförmig sein. Es kann jede andere
sich periodisch wiederholende Kurvenform gewählt wer-
den. Durch die Kurvenform der Luftspalte 20, 21, 22 kön-
nen dabei die technischen Eigenschaften des Elektromotors
beeinflusst werden.

Wie in Fig. 6 punktiert gezeigt ist, müssen die durch die
Luftspalte 20, 21, 22, abgegrenzten Statorpole 23, 24, 25 mit
ihrer Längsachse nicht notwendig parallel zur Motorachse,
d. h. zur Achse des Polrohres 1 angeordnet sein. Es ist bei-
spielsweise auch möglich, die Achse der Statorpole 23, 24,
25 um einen Winkel α gegen die Achse des Polrohres 1
schrägzustellen. Eine solche Schrägstellung, wie sie in Fig.
6 durch den Winkel α angedeutet ist, verändert die Motorei-
genschaften in Bezug auf eine Vorzugsdrehrichtung.

Bezugszeichenliste

- 1 Polrohr
- 2 Gehäuse
- 4 Rotor
- 5 Ausgangswelle
- 10 Stege
- 20 Luftspalte
- 21 Luftspalte
- 22 Luftspalte
- 23 Statorpole
- 24 Statorpole
- 25 Statorpole
- 30 Ringspulen
- 31 Ringspulen
- 32 Ringspulen
- 33 Spulenträger
- 34 Spulenträger
- 35 Spulenträger
- 36 Joch
- 40 Rotorsegmente
- 41 Rotorsegmente
- 42 Rotorsegmente
- ϕ Phasenversatz der Luftspalte
- ψ Phasenversatz der Rotorsegmente
- α Drehung der Statorpole

Patentansprüche

1. Elektromotor, mit einem Rotor und einem den Rotor

koaxial umschließenden Stator, der ein oder mehrere axial aneinander anschließende Statorsegmente aufweist, wobei jedes Statorsegment eine zylindrisch gewickelte Ringspule, einen die Ringspule koaxial umgebenden magnetischen Rückschluß und dem Rotor zugeordnete in konstanter Winkelteilung angeordnete Statorpole aufweist, und wobei die Statorpole durch einen Luftspalt voneinander getrennt sind, der in Umfangsabwicklung die Form einer vorzugsweise mit der Winkelteilung periodischen Kurve hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Statorpole (23, 24, 25) durch ein koaxial in die Ringspule (30, 31, 32) und ein den Rückschluss bildendes Joch (36) eingesetztes weichmagnetisches Polrohr (1) gebildet sind, in dessen Mantel der Luftspalt (20, 21, 22) eingearbeitet ist.

2. Elektromotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftspalt (20, 21, 22) mittels Laserstrahl aus dem Mantel des Polrohres (1) ausgeschnitten ist.

3. Elektromotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftspalt (20, 21, 22) an wenigstens zwei im Winkel gegeneinander versetzten Stellen durch einen das Polrohr (1) zusammenhaltenden Steg (10) unterbrochen ist.

4. Elektromotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Stege (10) in gleicher Winkelteilung gegeneinander versetzt an einer Minimumstelle oder Maximumstelle der axialen Amplitude des Luftspaltes (20, 21, 22) angeordnet sind.

5. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftspalt (20, 21, 22) in der Umfangsabwicklung im Wesentlichen Sinusform hat.

6. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polrohr (1) aus einem Material mit hoher Permeabilität besteht.

7. Elektromotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Polrohr (1) aus einem schwefelarmen Stahl besteht.

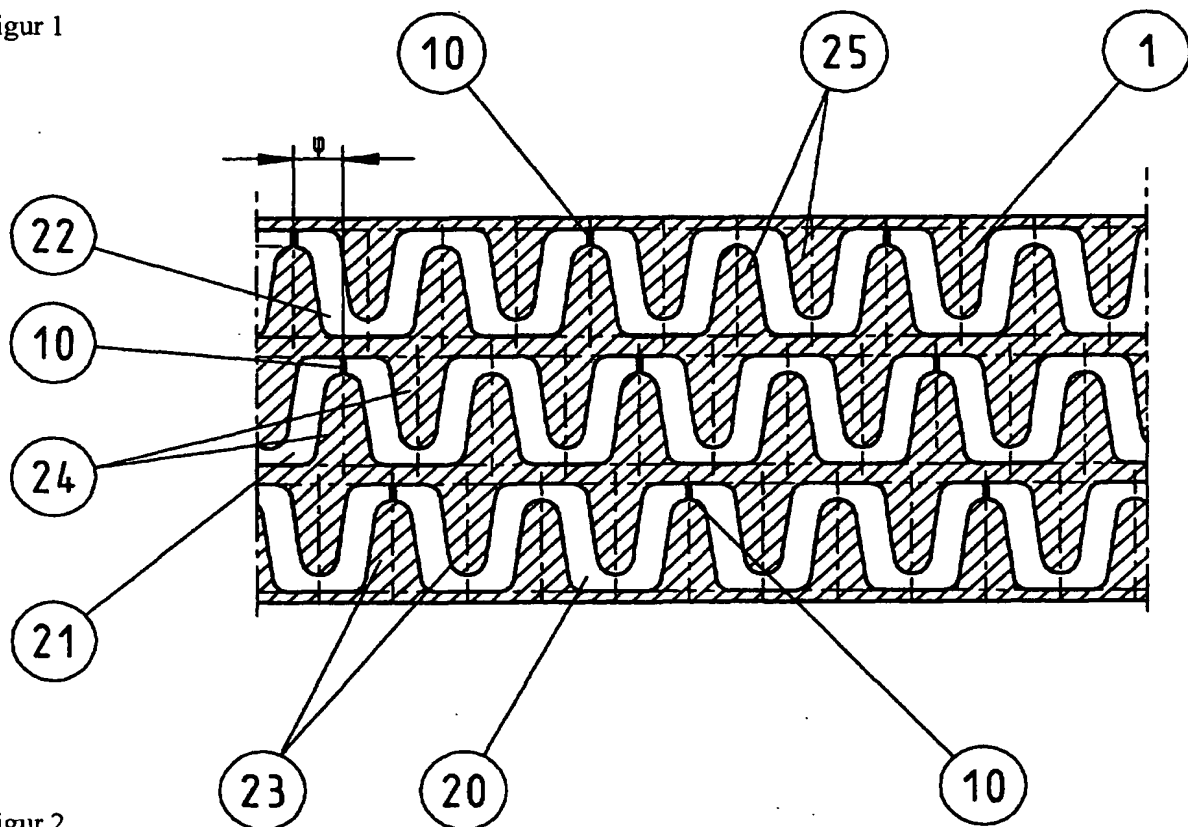
8. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator aus mehreren axial aneinander anschließenden Statorsegmenten besteht, die jeweils eine Ringspule (30, 31, 32) und einen zugeordneten Luftspalt (20, 21, 22) des Polrohres (1) aufweisen, dass den Statorsegmenten axial aneinander anschließende Segmente (40, 41, 42) des Rotors (4) zugeordnet sind, und dass die mechanische Phasenverschiebung, die sich aus dem Winkelversatz (ϕ) des periodischen Verlaufs der Luftspalte (20, 21, 22) der Statorsegmente und einem eventuellen Winkelversatz (ψ) der Polanordnung der Segmente (40, 41, 42) des Rotors (4) ergibt, mit der elektrischen Phasenverschiebung der den Ringspulen (30, 31, 32) der Statorsegmente zugeführten Spulenströme übereinstimmt.

9. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Perioden der Luftspalte (20, 21, 22) gleich der Anzahl der Magnetpolpaare des Rotors (4) ist, so dass die Anzahl der Statorpole (23, 24, 25) mit der Anzahl der Magnetpole des Rotors (4) übereinstimmt.

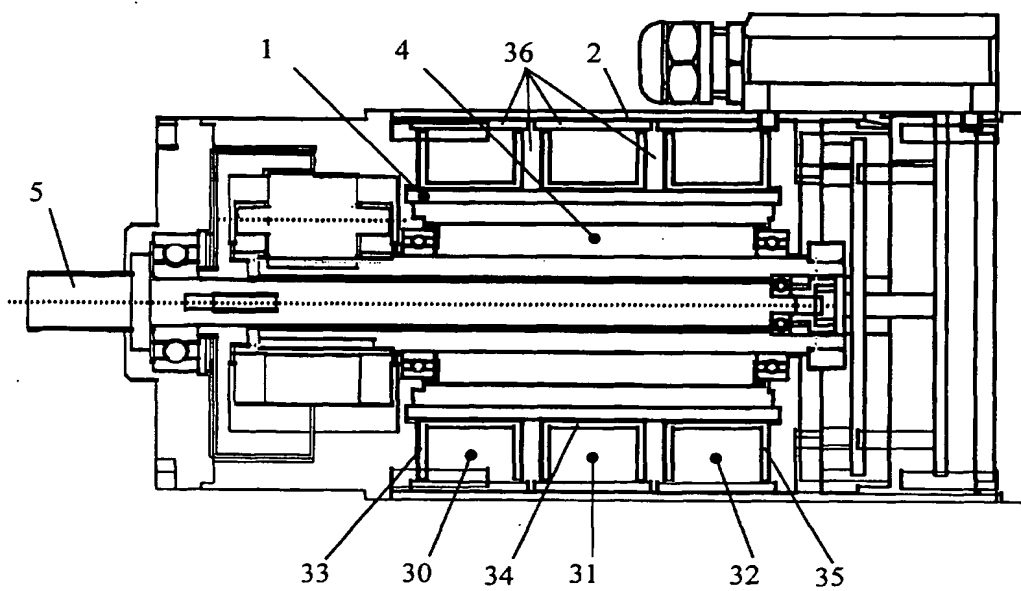
Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

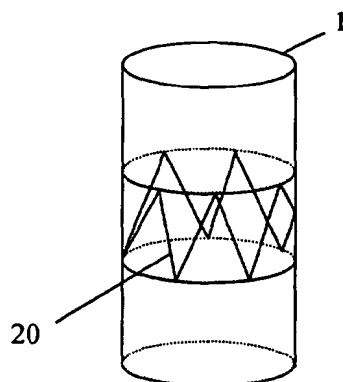
Figur 1



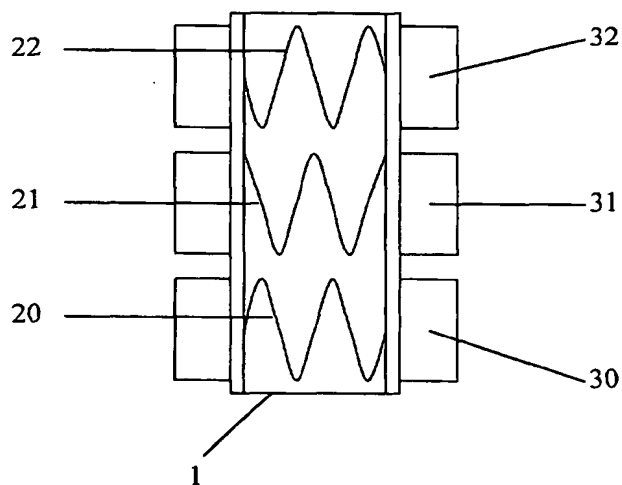
Figur 2



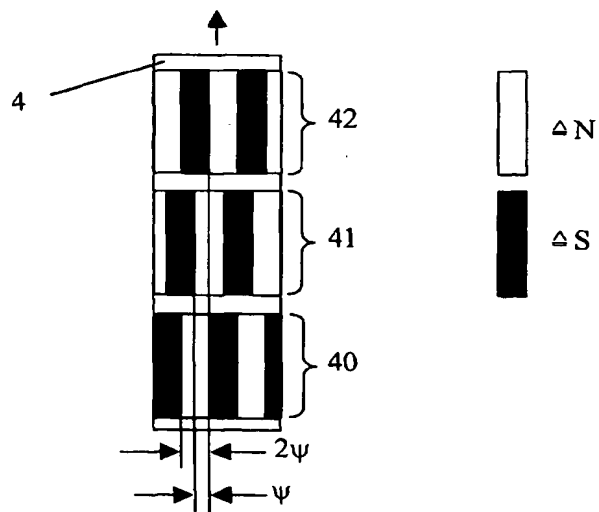
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6

